



Università degli studi
di Camerino

*“Sviluppo di lampade in
strutture auxetiche a
memoria di forma”*

di Alluzzi Giorgia



Università di Camerino

Corso di Laurea in Disegno
industriale e ambientale

Tesi in: Bio- design

Nome tesi: Sviluppo di lam-
pade in strutture auxetiche a
memoria di forma

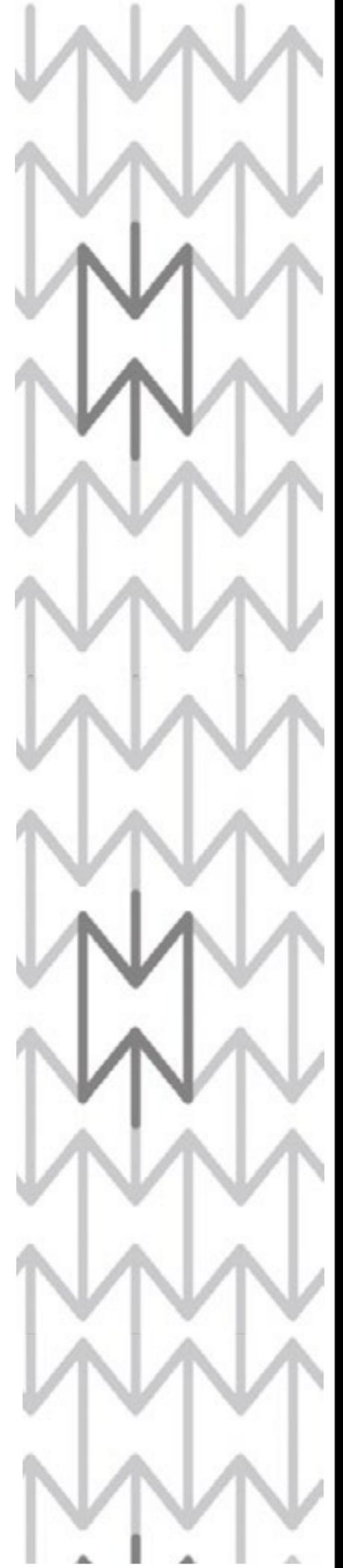
Studente: Giorgia Alluzzi

Matricola: 088136

Relatore tesi: Carlo Santulli

a.a.: 2015/2016

Alla mia famiglia e ai miei amici,
miei grandi sostenitori.



Quando vediamo una lampada, non siamo abituati a vedere tutto lo studio che c'è alle sue spalle e tutta la ricerca fatta per averla, ma la nostra vita, ormai dipende da questo semplice oggetto di arredamento e probabilmente la sua importanza viene sottovalutata.

Da sempre l'uomo ha avuto il bisogno di luce per poter gestire la giornata e ha dovuto creare così, un mezzo che gli permettesse di svolgere le proprie attività anche nelle ore notturne.

Non esiste abitazione, ufficio o luogo pubblico in cui non ci sia una lampada.

Sono realizzate a migliaia e si cercano in continuazione nuove forme, nuove idee e nuovi metodi di progettazione e produzione.

Nella mia tesi, andrò a parlare proprio di queste novità apportabili a uno dei più antichi prodotti inventati dall'uomo, perchè un prodotto così sottovalutato, può sempre stupire e suggestionare.

1 Storia

1. Storia e componenti delle lampade
2. Lampade giapponesi in carta
3. Struttura a kirigami

2 Strutture auxetiche

1. Strutture honeycomb e materiali auxetici
2. Principali applicazioni delle strutture auxetiche
3. Strutture celle auxetiche e nuove applicazioni

3 Materiali a memoria di forma

1. Materiali a memoria di forma

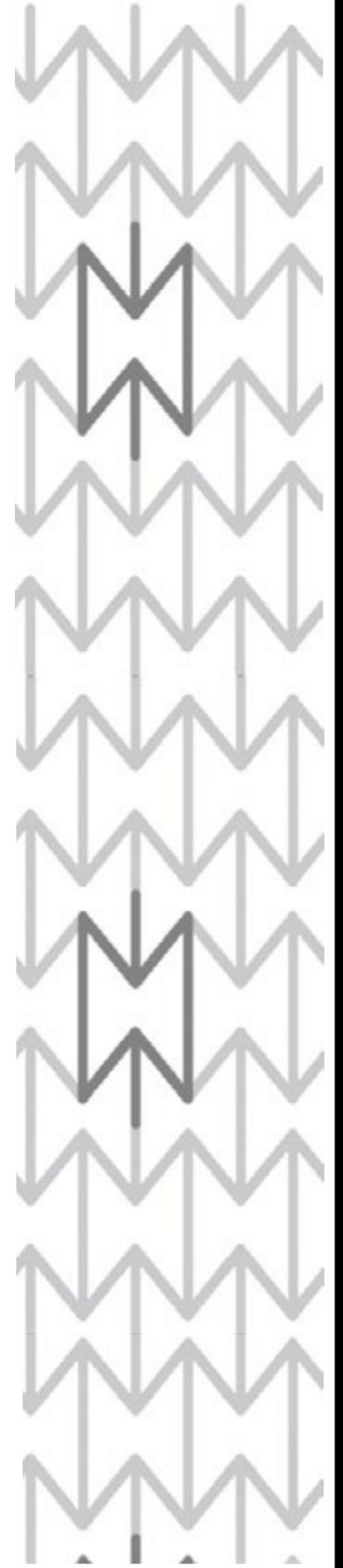
4 Concept

1. Studio sulla lampada 1
2. Componenti lampada 1
3. Tavole tecniche lampada 1 spenta
4. Viste lampda 1 accesa
5. Render lampada 1: Lantern
6. Tavole tecniche lampada 2
7. Render lampada 2: Moon

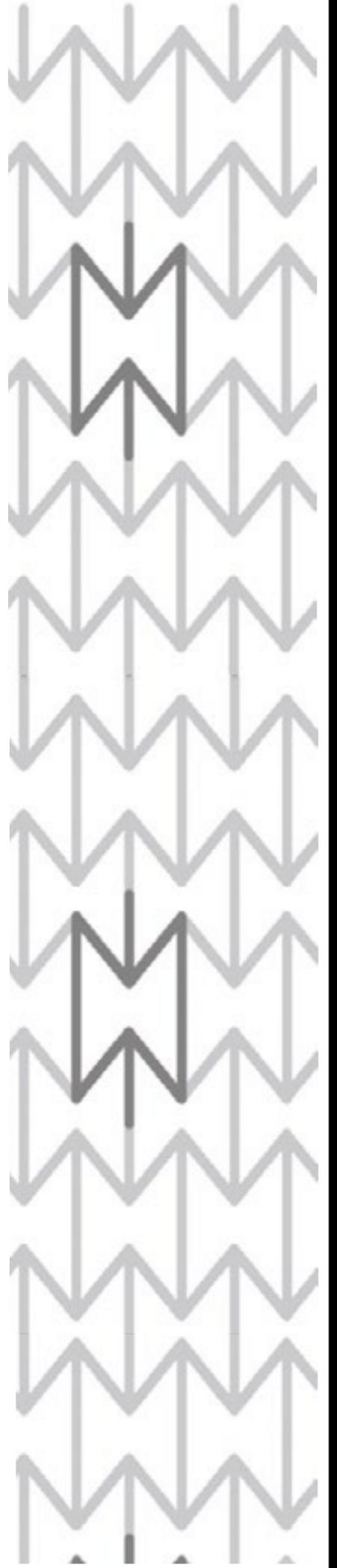
5 Materiali

1. Schede dei materiali

6 Bibliografia



1.Storia



Fin dall'antichità l'uomo ha inventato sistemi per procurarsi una nuova fonte luminosa.

I greci e romani usarono lampade ad olio di origine vegetale.

Altri popoli nel medio oriente utilizzarono il petrolio che affiorava spontaneamente in superficie in alcune zone.

Questi oggetti erano costituiti da contenitori in terracotta, bronzo, ottone o altro materiale in cui era contenuto l'olio; in un beccuccio laterale era inserito uno stoppino su cui bruciava il combustibile attirato per capillarità.

Rispetto alle candele la luce prodotta è più intensa.

Oggi sono ancora usate lampade a kerosene, basate su principi simili ma che producono una luce ancora più intensa.

Le prime lampade aventi una struttura in metallo appartengono al XIV secolo e potevano essere portatili o fisse.



Quelle portatili erano dotate di un fusto sottile di metallo, con un anello all'estremità superiore a base espansa, così da formare un piccolo serbatoio per l'olio, con uno o più becchi.



Una radicale innovazione nel campo delle lampade è stata, più che l'introduzione delle lampade a gas, quella delle lampade elettriche, manifestazione dello spirito dei tempi moderni legati alla praticità e all'efficienza degli oggetti.

La presenza del ferro battuto nelle lampade moderne è infatti limitata alla base decorativa che sorregge il paralume usualmente in tessuto, oppure alla forgiatura di particolari tipo di lampade per l'arredo.



Intorno al 1900 fu inventata la lampada a carburo, che forniva molta più luce di quelle a petrolio. È costituita da due contenitori, uno superiore pieno di acqua ed uno inferiore contenente carburo di calcio.

Facendo lentamente gocciolare acqua sul carburo avviene una reazione che produce il gas acetilene. Questo viene convogliato ad un beccuccio dove brucia con fiamma intensamente luminosa.

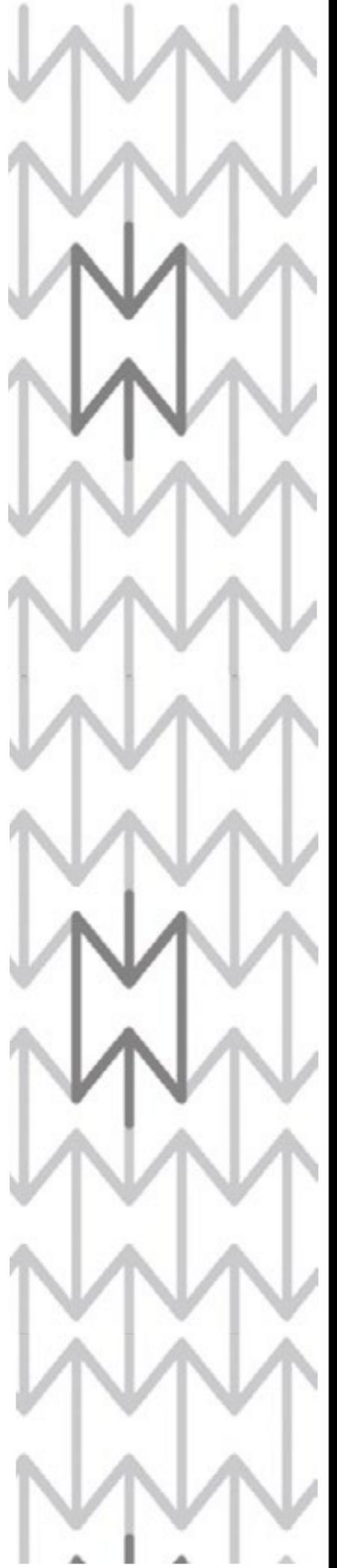


Le lampade moderne sono prevalentemente elettriche, ad arco, a scarica o ad incandescenza.

Rispetto alla lampada invece il lampadario è caratterizzato dal fatto di essere sospeso o applicato ad un'altezza conveniente in modo da illuminare dall'alto l'ambiente circostante e di essere costruito in modo da costituire anche ornamento all'ambiente stesso. L'uso di tali apparecchi per l'illuminazione artificiale diviene comune con l'adozione della candela a cera soprattutto all'interno di abitazioni private.

Le lampade di carta sono tipiche della storia giapponese, rappresentano un importante utilizzo della carta prodotta con il metodo Washi. La carta Washi, estremamente resistente e robusta e' nello stesso tempo morbida e satinata: assorbe la luce diffondendo una illuminazione calda e ben diffusa.

Le speciali caratteristiche delle materie prime e del processo di lavorazione ne fanno un materiale estremamente resistente e durevole, esistono prodotti di 1000 anni



fa perfettamente conservati grazie alla bassa acidità dei materiali, alla robusta fibra contenuta, all'alta assorbimento degli inchiostri e all'alta resistenza all'umidità e alle muffe. A riguardo le lampade giapponesi si dividono in diverse categorie:

Andon

L'*andon* è una lampada costituita da un telaio di bambù, legno o metallo su cui viene teso un foglio di carta di riso per proteggere la fiamma dal vento.

Il combustibile, conservato in un recipiente di pietra o ceramica con uno stoppino di cotone, è solitamente costituito da olio di colza o dal più economico olio di sarde.

In certi casi sono usate anche candele ma il loro prezzo elevato ne ha ridotto la diffusione.

Particolarmente diffuso durante il Periodo Edo, ne esistevano varie versioni, spesso differenziate l'una dall'altra esclusivamente per l'utilizzo che se ne faceva.

L'*okiandon* era la comune versione da interni e solitamente presenta-

va un piccolo piedistallo per la luce e in alcuni casi un cassetto alla base, per facilitare il rabbocco di olio combustibile e l'accensione della fiamma.

Inoltre, sul lato superiore presentava una maniglia che consentiva di trasportarlo comodamente.

Un'altra versione era l'*Ensh andon*, sembra risalente al tardo Periodo Azuchi-Momoyama, aveva forma di tubo con un'apertura al posto del cassetto.

Ariake andon era invece chiamata la versione "da comodino", mentre il *kakeandon* era la versione da esterno usata sotto le tettoie dei negozi e recante su disegnata il nome del proprietario e quindi molto comune nelle città.

Infine, il *bonbori*, è una versione di andon piccola a sezione esagonale.

Chochin

Il *chochin* è una lampada costituita da un telaio di bambù spezzato, su cui viene teso un foglio di carta di riso o della seta per proteggere la fiamma dal vento.

La struttura a spirale del telaio per-



mette alla lampada di “collassare”, così da occupare meno spazio quando non viene utilizzata.

In cima presenta un gancio che le permette di essere appeso al soffitto o ad una tettoia. Le prime notizie di un suo uso risalgono al 1085 mentre la più antica illustrazione che lo raffigura è datata 1536.

Nel Giappone moderno i chochin, costruiti in plastica e con una lampadina a far luce, sono ancora prodotti come souvenir, per eventi particolari e per fiere come i matsuri.

L'*akachochin* è il segno distintivo di un Izakaya, il tipico bar o ristorante giapponese.

Kirigami

Il kirigami è una tecnica orientale di intaglio e piegatura della carta per ottenere forme tridimensionali a partire da un unico foglio, senza asportare pezzi.

Il significato del termine deriva dal giapponese “kiru” = tagliare e “kami” = carta.

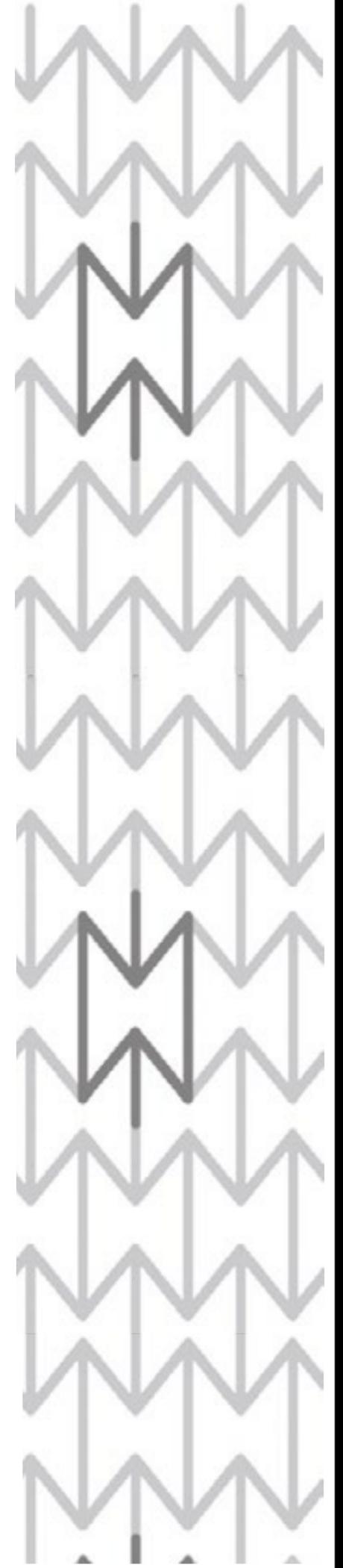
Questa tecnica consente all'artista di enfatizzare la presentazione visuale dell'opera salvaguardando la semplicità e la pulizia delle linee.

Il kirigami può essere considerato una variante dell'origami, anche se nell'origami il taglio della carta non è accettato dalla maggioranza dei moderni piegatori.

Viene solitamente realizzato eseguendo dapprima tutti i tagli necessari, ottenendo in questo modo una base che viene quindi piegata e appiattita per ottenere il modello.

I modelli sono solitamente simmetrici e possono rappresentare modelli geometrici, figurativi e strutture architettoniche.

I vari soggetti prendono forma con l'apertura del foglio: si pos-



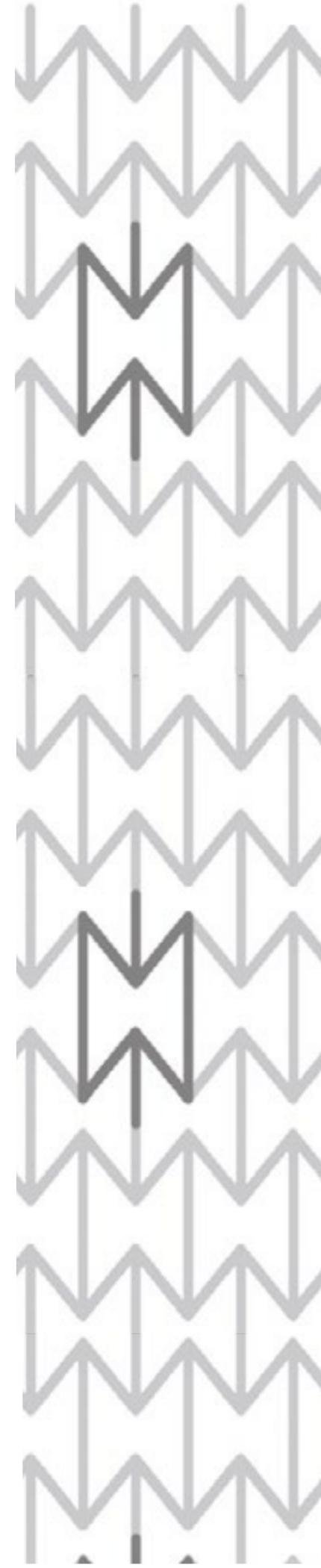
sono realizzare kirigami la cui apertura è di 90 gradi e kirigami con apertura a 180 gradi, ma anche a 360 gradi.

Per questo motivo viene impiegata per realizzare le famose Chouchin, le lanterne usate per rituali, per cerimonie, per decorazioni.

Le lanterne sono dunque un elemento fondamentale e caratteristico dello scenario orientale e in Giappone è facile vederle come tipico elemento.

La famiglia Haba, originaria anch'essa della provincia di Mino, è una delle poche famiglie che ancora oggi realizza queste speciali lanterne in maniera del tutto artigianale: Haba Hideki porta avanti l'impegno della propria famiglia di preservare con cura e dedizione e tramandare questo modo di creare e produrre a mano in modo antico e tradizionale.

2. Strutture auxetiche

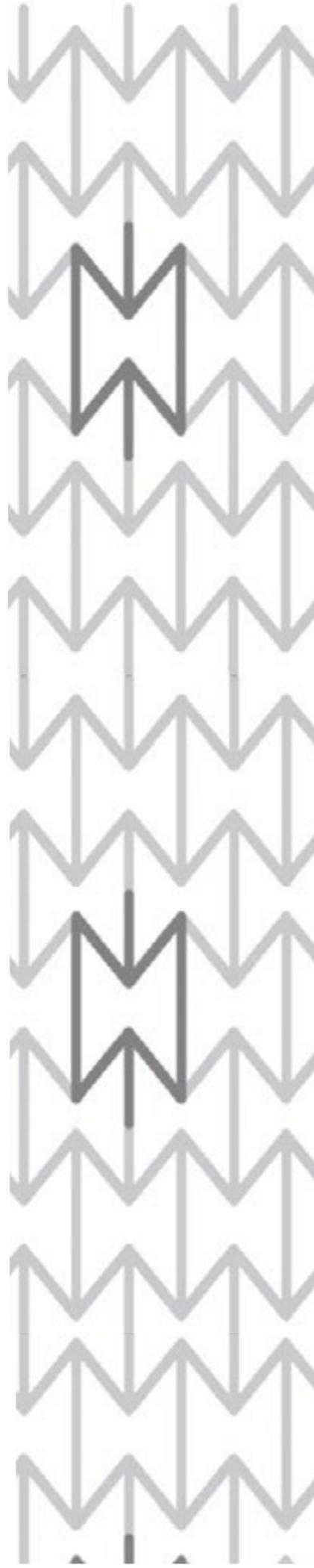


Il termine auxetico deriva dal greco (auxeticos) ovvero “che tende a crescere” e fu coniato per la prima volta da Evans e dal suo gruppo di lavoro durante uno studio per la produzione di polietilene microporoso con coefficiente di Poisson negativo.

Le strutture honeycomb sono formate dalla ripetizione ordinata di un'unità di base (cella) e sono caratterizzate da una bassa densità, a fronte però di una elevata rigidità a compressione nella direzione dell'asse delle celle e trasversale.

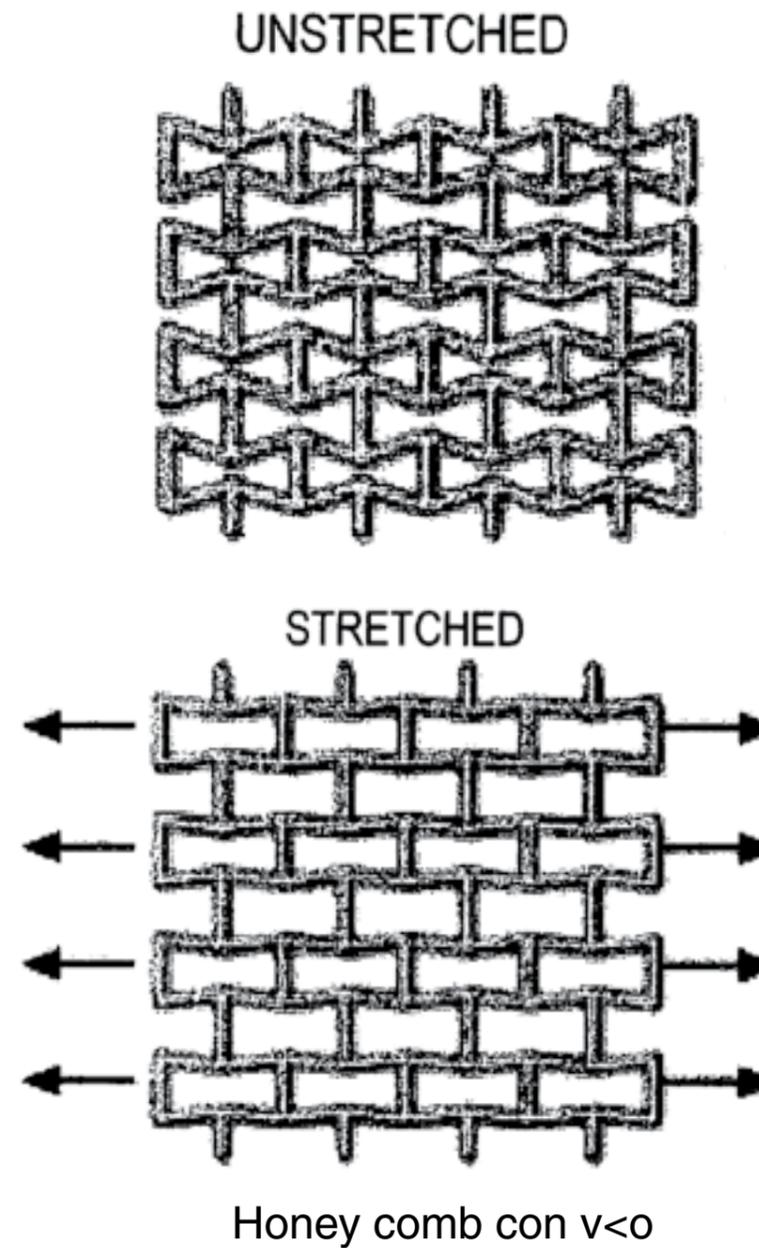
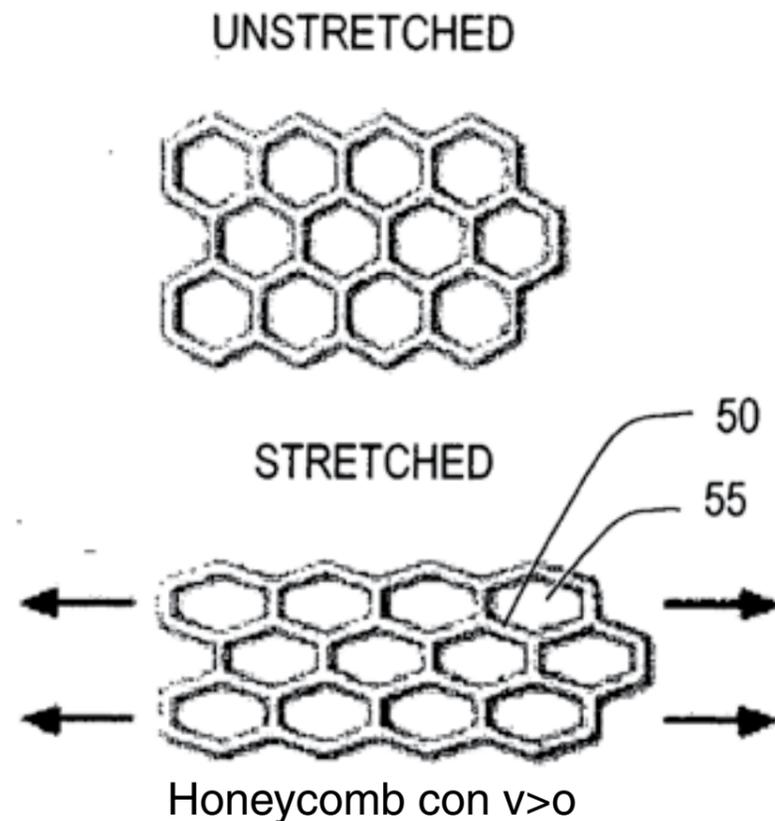
La ridotta densità è dovuta al fatto che la maggior parte della struttura è cava, fatto che costituisce un enorme risparmio in termini di peso e materiale utilizzato, e quindi di costi.

La particolarità di alcune strutture honeycomb, grazie alla loro configurazione, è quella di esibire nel piano delle celle un coefficiente di Poisson tendente a -1, diversamente dalla maggior

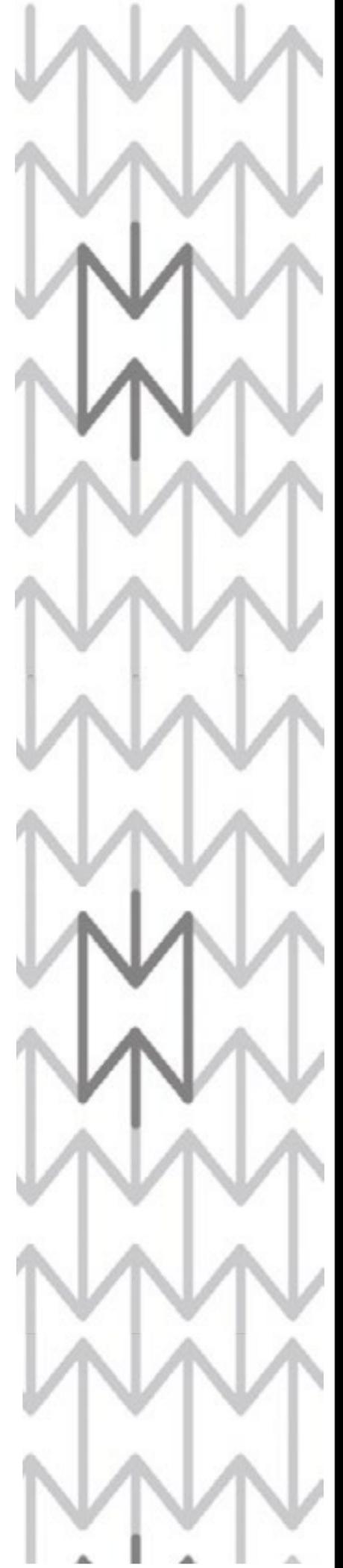


parte dei materiali comuni, caratterizzati invece da valori compresi tra 0.2 e 0.5 .

Questa classe di strutture a nido d'ape prende il nome di "materiali auxetici" e comprende anche alcune tipologie di schiume e materiali compositi o polimerici porosi. L'effetto più immediato del coefficiente di Poisson negativo è quello di permettere un comportamento del materiale completamente opposto a quanto si riscontra nei classici materiali strutturali; ovvero sotto trazione il provino tende ad aumentare la propria dimensione trasversale, mentre a compressione si restringe.



Un comportamento inaspettato si verifica comunque non solo in compressione o in trazione, ma anche in flessione dove la curvatura anticlastica è rimpiazzata da una di tipo sinclastico.



Tale concetto può essere così descritto: se soggetto a flessione un materiale di tipo convenzionale mostra una deformata di tipo a sella, mentre un materiale con comportamento auxetico tende ad alzarsi nella zona centrale conformandosi adeguatamente alla curvatura.

Synclastic curvature
(*auxetic material*)



Anticlastic curvature
(*conventional material*)

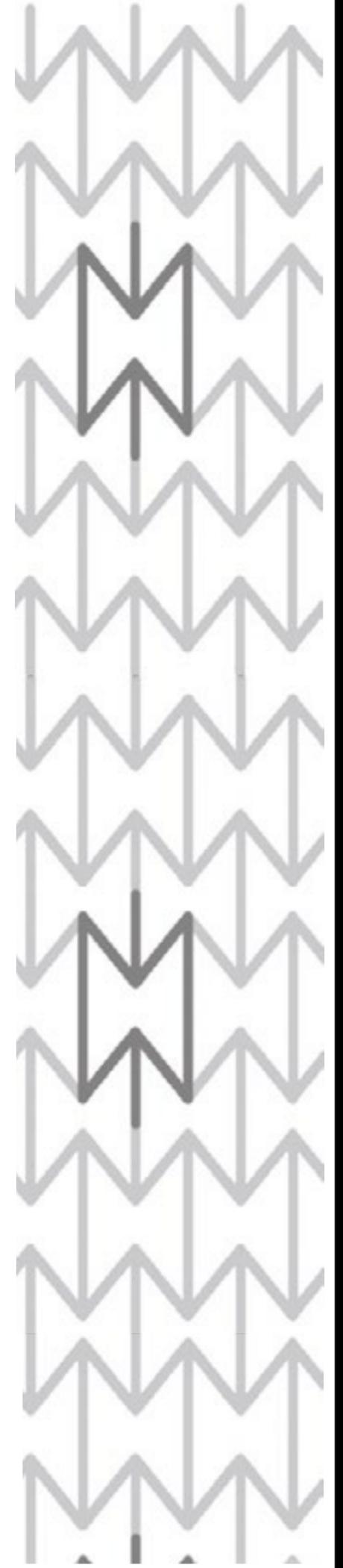


La produzione attuale di materiali auxetici riguarda soprattutto schiume, fibre e compositi.

A livello molecolare inoltre numerosi polimeri sono stati sintetizzati e un loro impiego è sempre più diffuso.

Bisogna però ricordare che non esistono solo materiali auxetici prodotti dall'uomo, ma ne esistono anche di naturali, che non necessitano di nessuna trasformazione per manifestare il loro poco intuitivo ma sorprendente comportamento; ne sono un esempio la grafite pirolitica, alcuni minerali ricchi di silicio come la Cristobalite (SiO_2) o la Pirite (FeS_2), ma questi non trovano applicazioni in quanto non è possibile avere un controllo delle loro proprietà meccaniche e le loro deformazioni avvengono su scala atomica rendendo difficile se non impossibile una replicabilità stabile dei fenomeni.

Le celle elementari che costituiscono la struttura base della maggior parte dei materiali auxetici possono avere diverse forme delle quali si è in grado, con delle formule trigonometriche, di calcolare la rotazione delle singole pareti

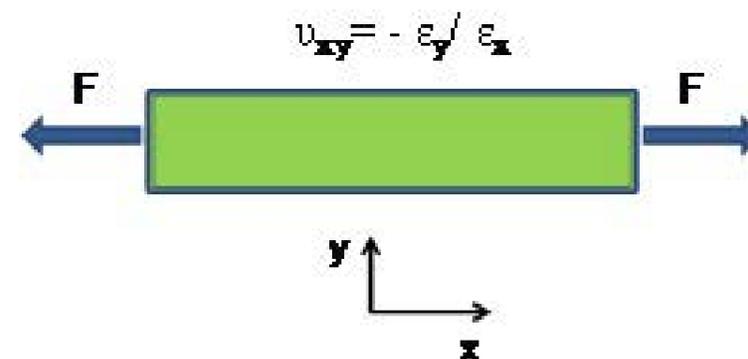


di ogni cella in relazione al carico applicato e quindi di avere un'idea di come prevedere più accuratamente il comportamento auxetico complessivo della struttura.



Date le caratteristiche precedentemente descritte i materiali auxetici, offrono nuove direzioni di ricerca indirizzate a migliorare principalmente le prestazioni meccaniche dei materiali già esistenti.

Recenti studi infatti, supportati e finanziati dalla NASA, hanno dimostrato che si ha un generale miglioramento delle proprietà meccaniche come una maggior resistenza al taglio, all'indentazione e un aumento della tenacità; ma non solo: anche le proprietà acustiche e di assorbimento delle vibrazioni, migliorano nettamente se si impiegano materiali che esibiscono un coefficiente di Poisson negativo.



In generale si può quindi dire che le applicazioni più significative si hanno in quei campi dove una o più delle seguenti caratteristiche sono richieste:

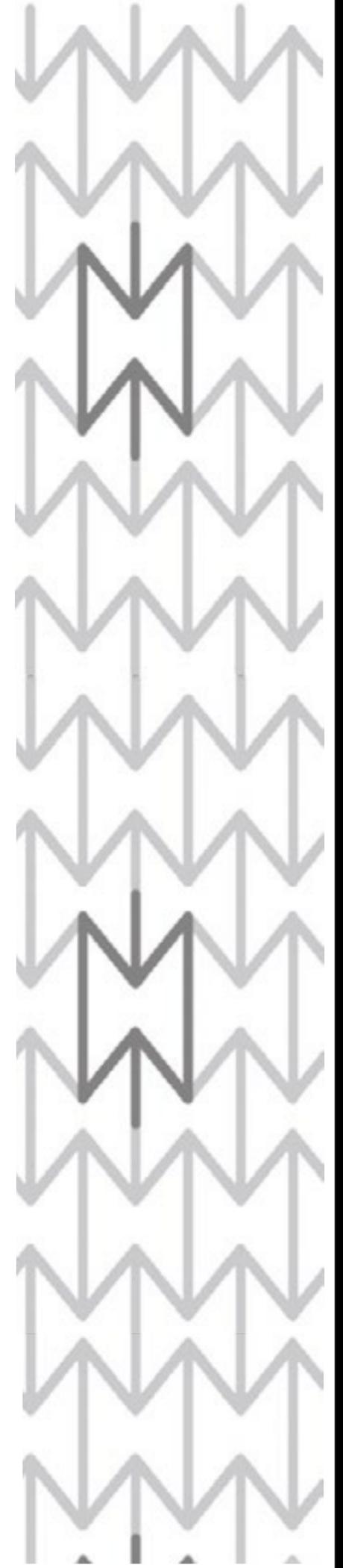
- Aumento della rigidezza;
- Resistenza alle sollecitazioni di taglio;
- Minore propagazione delle cricche all'interno del materiale stesso;
- Buone proprietà acustiche associate a un efficiente assorbimento delle vibrazioni;
- Tenacità e modulo di resilienza elevati;

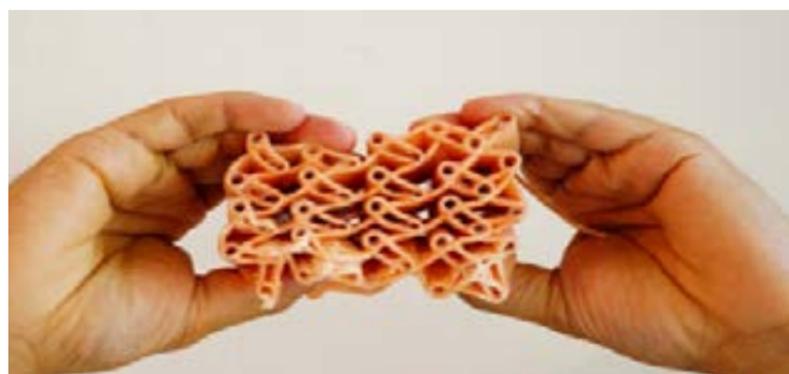
In seguito sono stati riassunti i settori in cui al giorno d'oggi vengono impiegati maggiormente i materiali auxetici.

- Aerospaziale Protezioni termiche, assorbitori di suono e vibrazioni, rivetti, palette per motori a turbina, estremità fusoliere aerei, profili alari.

- Automotive Paraurti, cuscinetti, dispositivi di fissaggio, componenti con elevata resistenza a sforzi di taglio.
- Biomedico STENT, bende, TR-BAND, pelle artificiale, protesi.
- Industria tessile Fibre, tessuti, stoffe.
- Materiali compositi Fibre, matrici.
- Militare (difesa) Giubbetti antiproiettile, elmetti, rivestimenti ad alto assorbimento di energia.
- Sensoristica Idrofoni, dispositivi piezoelettrici, sensori di vario genere (il basso modulo di comprimibilità K li rende più sensibili alla pressione idrostatica).

Ad oggi tramite la ricerca appunto i settori di applicazione dei materiali auxetici, si sono ampliati anche al Design e all'Architettura.

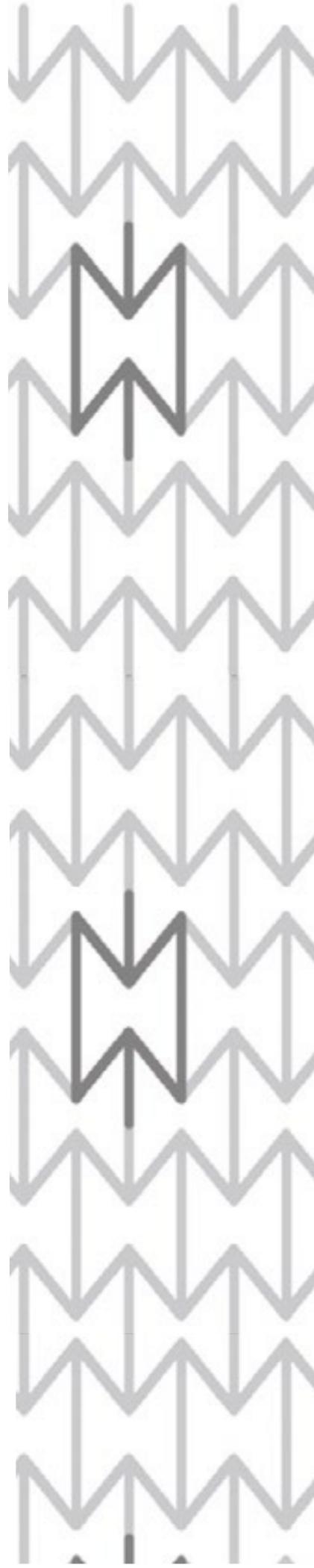




Un'applicazione recente, e che merita di essere approfondita, deriva dal fatto che si è riusciti ad ottenere delle fibre auxetiche che si prestano molto bene ad un accoppiamento con una matrice, non necessariamente auxetica ma anche di tipo tradizionale, per poter così realizzare un materiale composito.

Questo accoppiamento fa sì che il lavoro di pull-out della fibra sia molto maggiore, riuscendo così a rendere l'interfaccia con la matrice più resistente; l'effetto può essere così descritto: nel momento in cui la fibra viene tirata, tende ad espandersi perpendicolarmente alla direzione di applicazione del carico, andando così a bloccarsi nella matrice e conseguentemente aumenta la forza necessaria per estrarla.

Le proprietà meccaniche degli honeycomb auxetici sono molto sensibili ai parametri geometrici delle celle fondamen-



tali della loro microstruttura.

Questa caratteristica, se pienamente compresa e tradotta in formule matematiche, potrebbe essere impiegata per la progettazione di nuove strutture sandwich.

Le celle elementari che costituiscono la struttura base della maggior parte dei materiali auxetici possono avere diverse forme delle quali si è in grado, con delle formule trigonometriche, di calcolare la rotazione delle singole pareti di ogni cella in relazione al carico applicato e quindi di avere un'idea di come prevedere più accuratamente il comportamento auxetico complessivo della struttura.

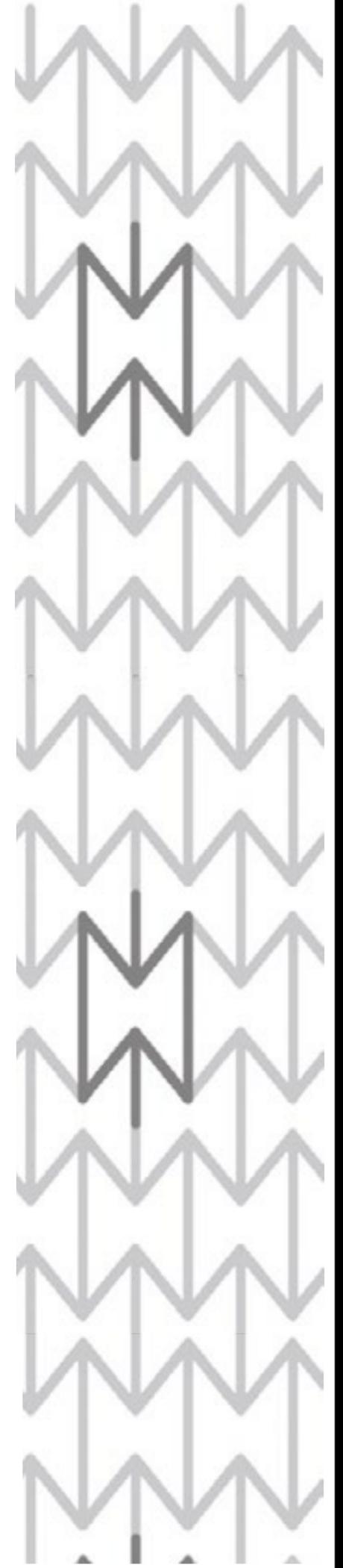
Un honeycomb costituito da celle esagonali regolari ad esempio non è impiegabile dove è richiesto un assorbimento efficiente delle onde di pressione.

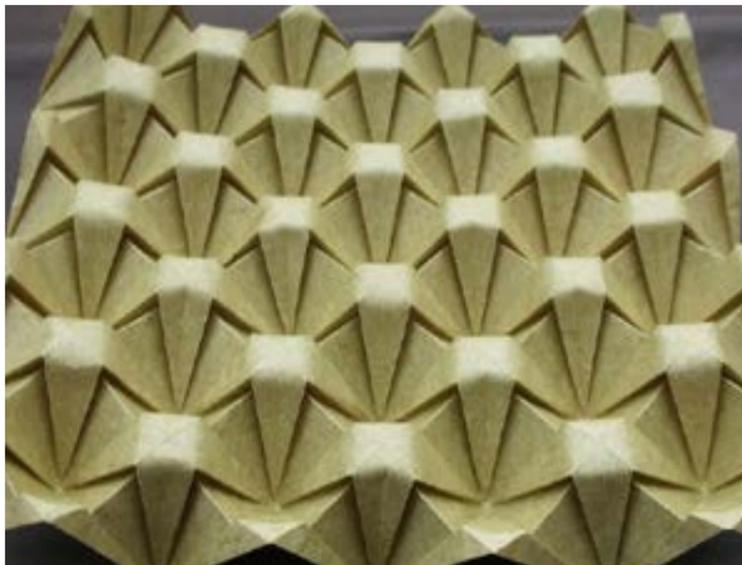
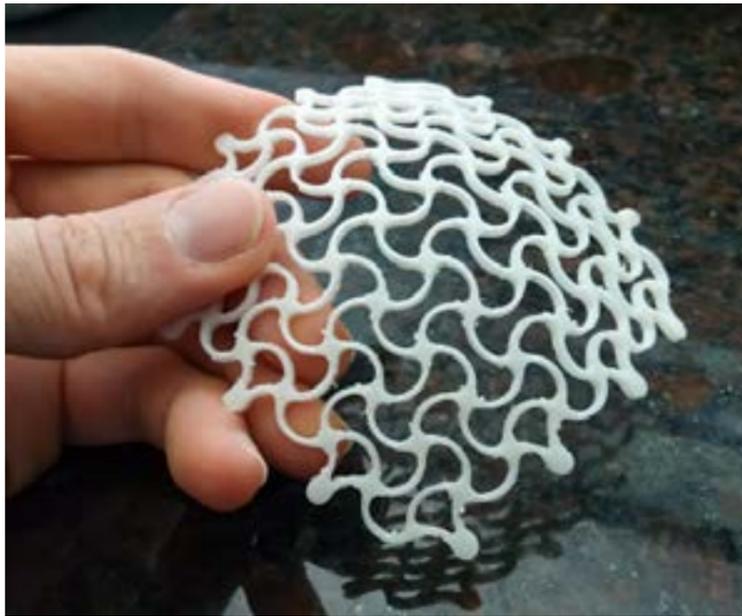
Selezionando però accuratamente una combinazione di proprietà microstrutturali, ottenute variando la disposizione delle celle stesse, si ha come effetto una diminuzione della dispersione con conseguente

aumento del segnale ricevuto.

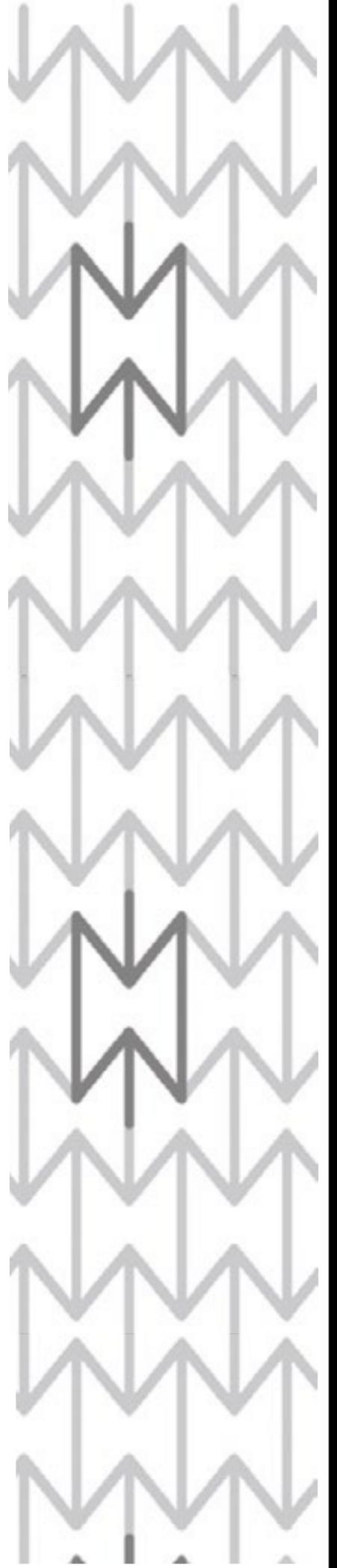
Le potenziali e reali applicazioni dei materiali auxetici sono in rapido aumento, ma una loro diffusione sembra a volte ostacolata dal fatto che questo sia un nuovo settore di ricerca e i fenomeni non sempre sia ben chiari o comunque non sempre descrivibili con delle formule matematiche di facile utilizzo.

I costi di produzione sono inoltre molto alti e si preferisce quindi utilizzare dei materiali tradizionali seppur di prestazioni inferiori.





3. Materiali a memoria di forma



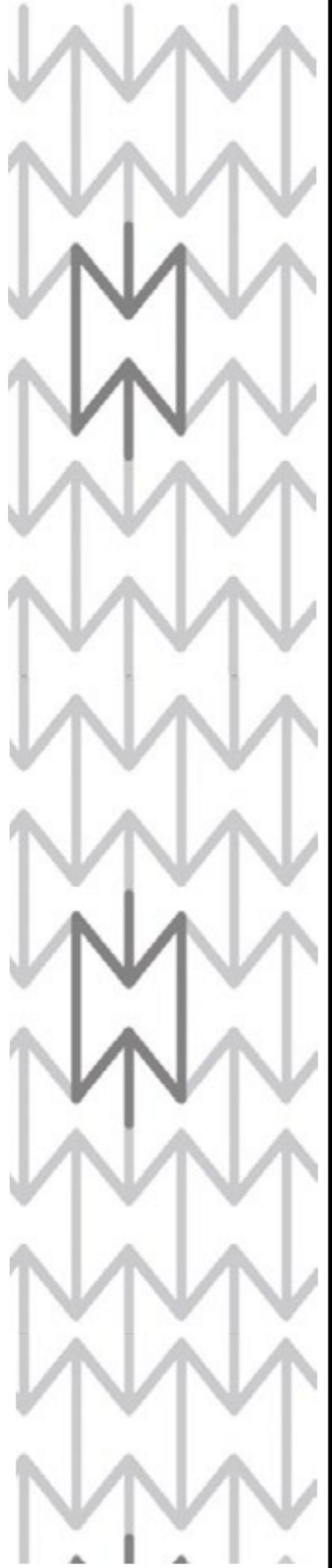
I materiali a memoria di forma rappresentano una classe di materiali metallici dalle particolari proprietà meccaniche.

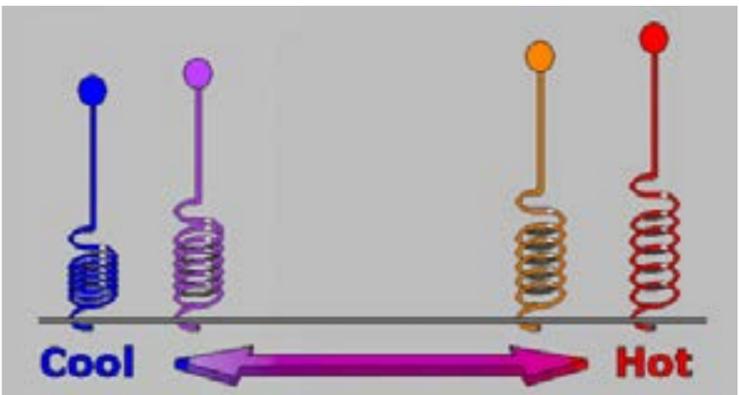
La loro caratteristica principale è quella di essere in grado di recuperare una forma preimpostata per effetto del semplice cambiamento di temperatura o dello stato di sollecitazione applicato.

In questi materiali è presente una trasformazione di fase a stato solido che prende il nome di "trasformazione martensitica termoplastica" .

Una ulteriore proprietà delle trasformazioni martensitiche termoplastiche, come prima accennato, è la possibilità di far avvenire la trasformazione non solo variando la temperatura, ma anche mediante l'applicazione di un opportuno stato di sollecitazione in condizione adeguate di temperatura.

Quello che succede fenomenologicamente è che il materiale recupera immediatamente la forma





iniziale dando l'impressione di una notevole elasticità.

A tale proprietà si dà il nome di *pseudoelasticità* in quanto l'effetto complessivo è quello di un materiale che accetta notevoli deformazioni ed immediatamente recupera la sua forma iniziale.

Applicazione particolare di questa proprietà la si trova ad esempio nella costruzione di montature indeformabili per occhiali.

Un occhiale con montatura composta da metalli pseudoplastici (aste e naso) può venir chiuso all'interno della mano e ritornare alla forma iniziale non appena viene riaperta la mano.

L'interesse per le leghe a memoria di forma è perciò principalmente dovuto al fatto che possono agire contemporaneamente sia come "sensori", sia come attuatori; cioè sono capaci di muoversi e di azionare altri dispositivi in relazione ad uno stimolo ricevuto.

Il materiale a memoria di forma è disponibile commercialmente in varie forme, sia in filo che in lamiera.

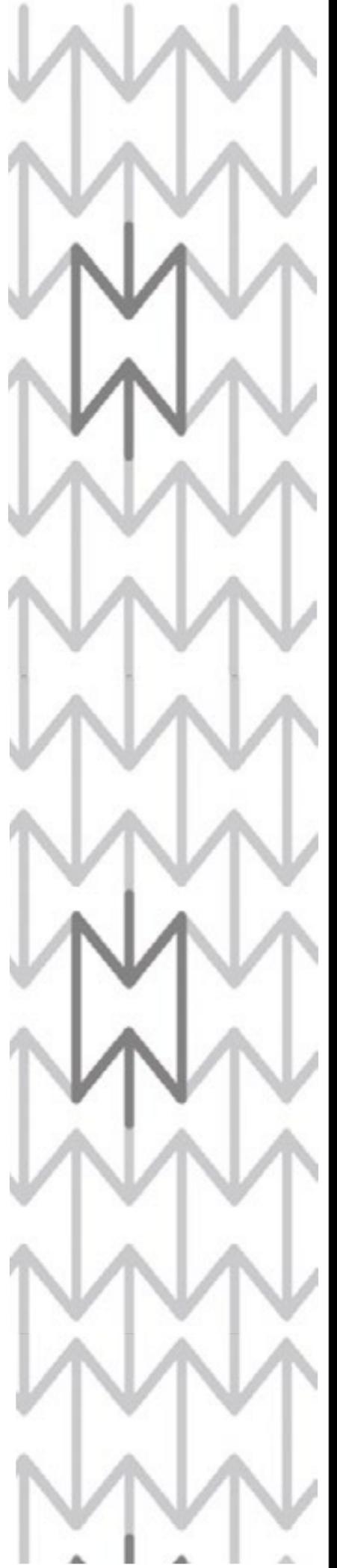


Fig. 1 - filo con una forma alterata rispetto a quella in memoria.

Fig.2 - immersione del filo in acqua calda.

Fig. 3 - ripresa della forma in memoria.

L'impiego delle leghe NiTi nella modalità di recupero di forma può avvenire in tre modi:

- **Recupero libero** : il recupero avviene in maniera libera. Ad esempio nel settore dei "gadgets" o nello sviluppo di piccoli dispositivi che ricordino una forma preordinata, generalmente mediante semplice riscaldamento di pochi gradi oltre la temperatura ambiente.
- **Recupero vincolato** : nel caso in cui venga impedito da un vincolo non cedevole. E' il caso in cui il recupero di forma sia impedito da un vincolo; in questo caso il tentativo di ripristinare la forma viene convertito in uno sforzo che può essere utilmente impiegato per realizzare delle connessioni.
- **Attuatori** : nel caso in cui il vincolo ceda secondo una qualche legge allo sforzo sviluppato dal materiale nel corso del recupero di forma rendendo ripetibile l'applicazione del sistema.

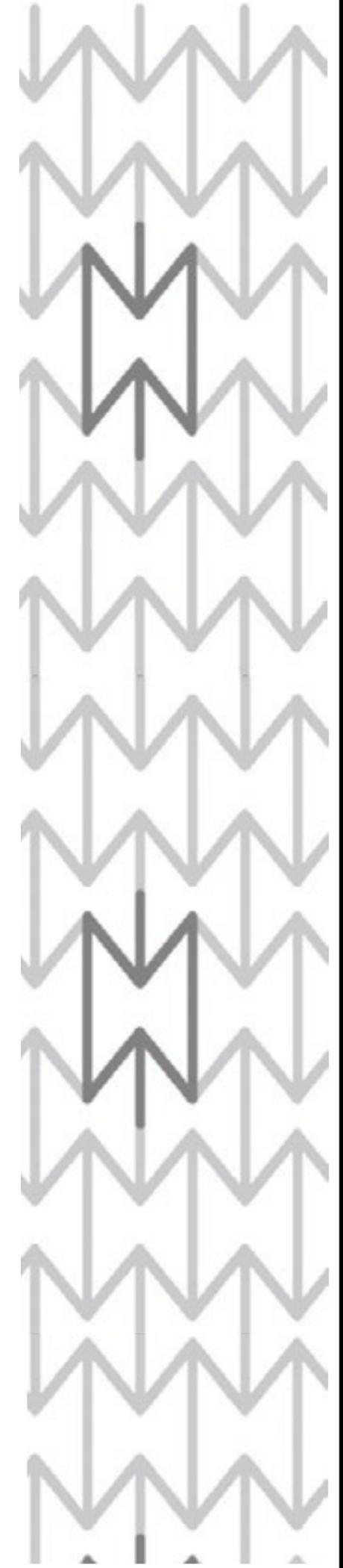
Fig.1



Fig.2



Fig.3



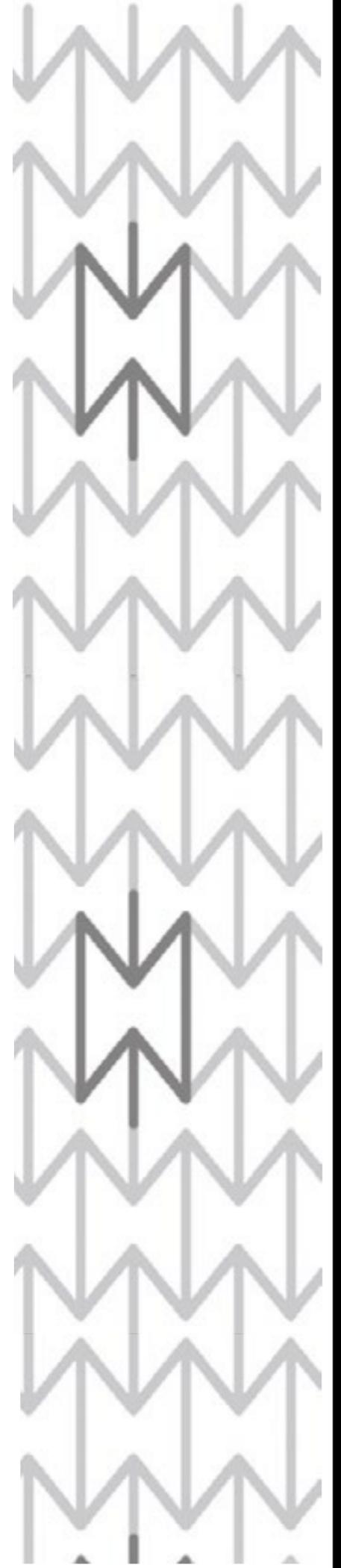
Lo schema più noto è quello dove una molla a memoria di forma viene fatta lavorare come antagonista di una normale molla di acciaio. Si sfrutta così il diverso modulo di elasticità che il materiale a memoria di forma esibisce ad alta e bassa temperatura.



A bassa temperatura il materiale ha un modulo tale per cui la molla di acciaio riesce semplicemente a vincere la forza mantenendo la molla a memoria nella posizione compressa; aumentando la temperatura fino al punto di trasformazione sarà invece la molla a memoria a comprimere la molla antagonista in acciaio realizzando così uno spostamento del cursore alla estremità opposta.

Una volta raffreddata la molla, si ritornerà alla configurazione iniziale pronti per ripetere questa attuazione.

4. Concept



Il mio studio di questi materiali e strutture innovative, va appunto applicato al campo del Design.

Creerò un set di lampade, grazie all' unione di strutture auxetiche di carta e fili a memoria di forma.

Il risultato sarà un gioco di luci dovuto appunto al cambio di forma di alcune parti delle lampade.

I fili a memoria di forma passanti all'interno della carta, opporranno la loro forza a quella del materiale della struttura, scelto appunto per la leggerezza e per la reperibilità. Più i fili si scaldano, maggiore sarà il movimento della carta e diversa sarà la forma presa dalla lampada.

Il cambiamento di calore per permettere il movimento del filo, avverrà grazie all' utilizzo di un circuito elettrico, in quanto il passaggio di corrente scalderà il filo, permettendo il movimento dei fili e di conseguenza della struttura intera.

Le strutture auxetiche inoltre grazie alle proprie caratteristiche, manterranno e sosterranno il movimento preso dalla carta, dando a un materiale molto fragile, una maggiore resistenza.

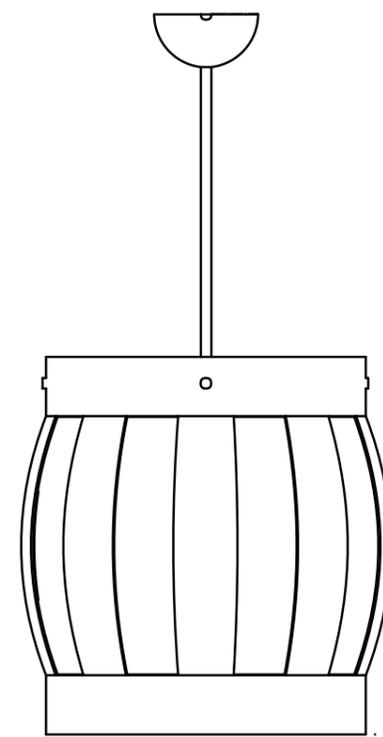
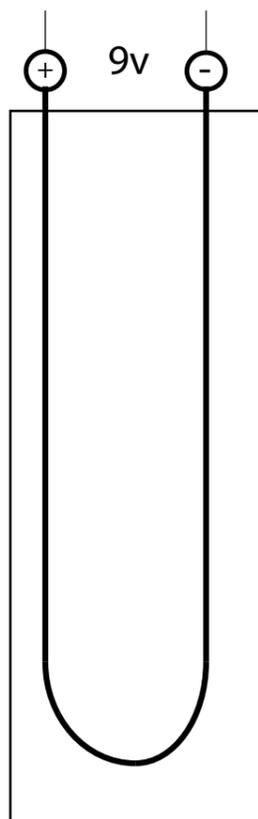


La prima lampada è composta da diverse parti, una è quella che sorregge tutta la parte elettronica e che permette il passaggio dei cavi per la corrente (1); la seconda parte è quella formata dal nucleo centrale, ovvero la struttura che la rende auxetica e a memoria di forma(2).

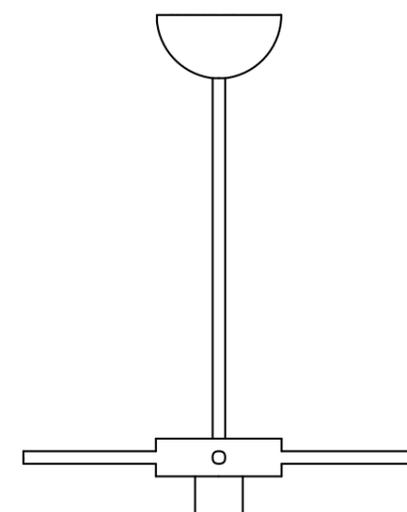
I fogli di carta velina si uniscono ai due cerchi, quello in alto e quello in basso, che sono realizzati in balsa.

All'interno di questi fogli di leggerissima carta velina, passano i fili a memoria di forma che seguendo un percorso specifico creano il circuito che permette loro di riscaldarsi tramite la corrente elettrica.

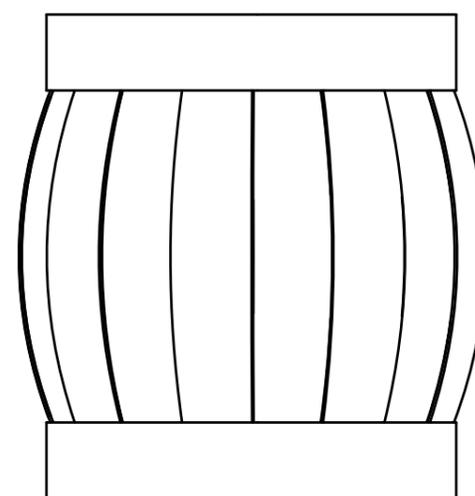
Circuito interno alla carta velina



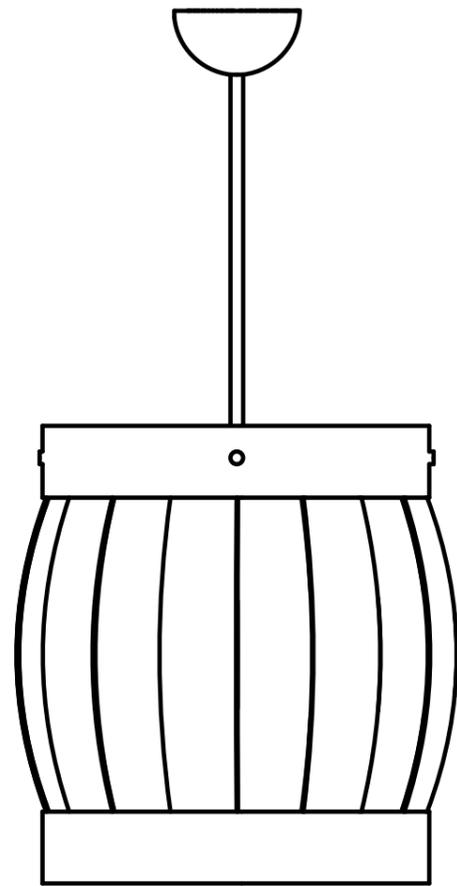
1



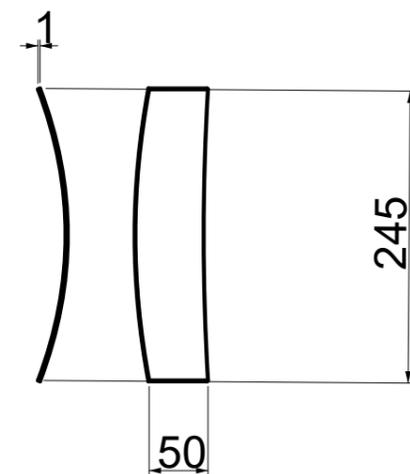
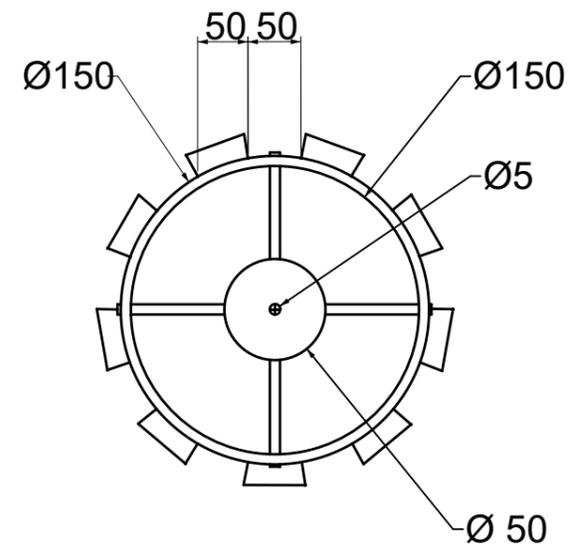
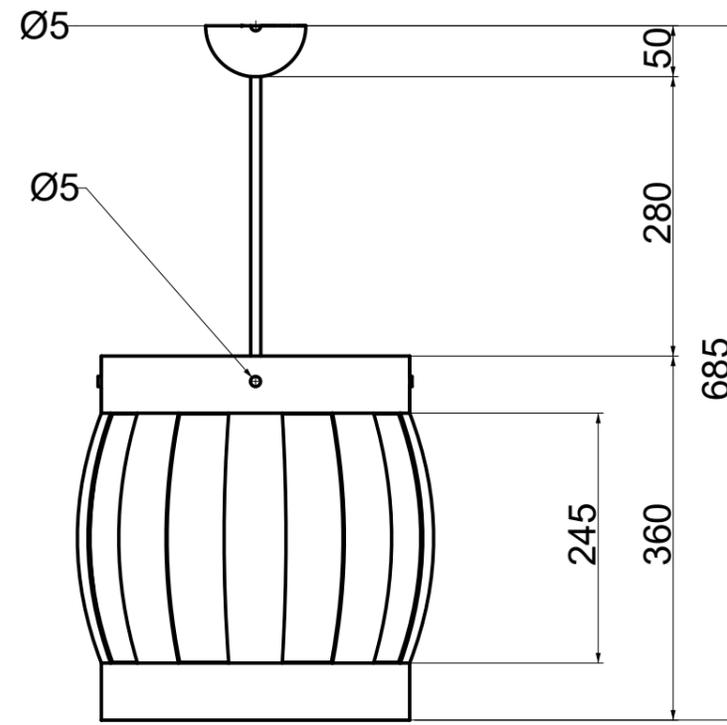
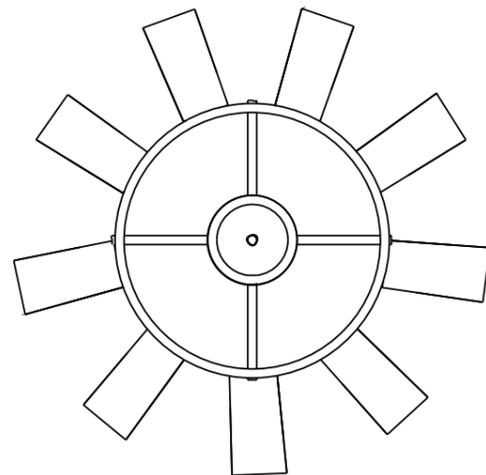
2



Prospetto frontale e laterale



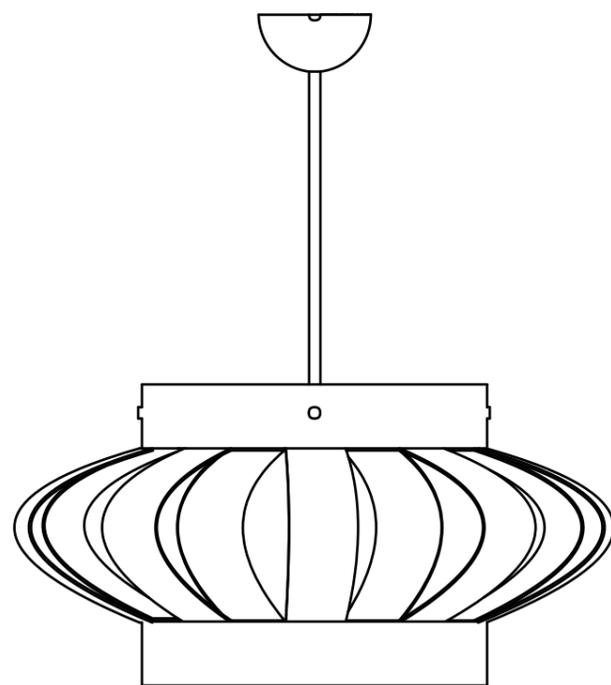
Prospetto superiore



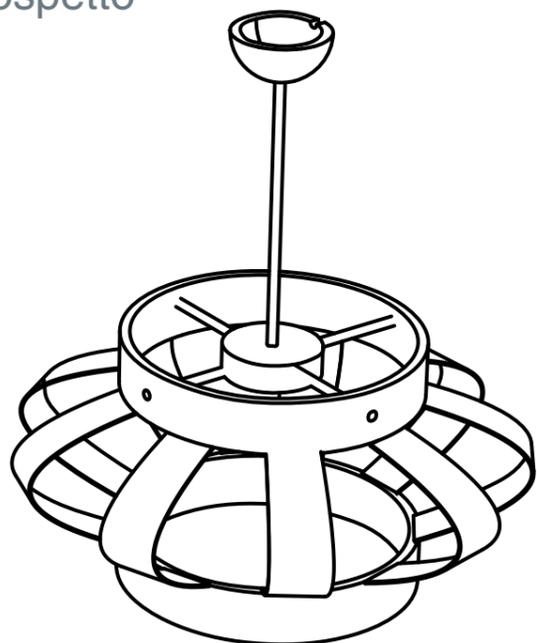
Unità di misura in mm

Una volta accesa, la lampada grazie ai fili di Nithinol, essa cambierà forma, assumendo così la vera struttura auxetica.

Prospetto frontale e laterale



Prospetto



La lampada nella sua forma finale, avrà i due cerchi in balsa che quasi si sfioreranno e rimarranno così, fino alla fine del passaggio di corrente.

Sono stati scelti questi materiali per la loro leggerezza e appunto per la struttura che li caratterizza.

La carta velina è un tipo di carta molto leggera, sottile e in genere trasparente che viene usato per imballaggi e lavori artistici.

Viene prodotta con cellulosa, con finiture differenti a seconda della destinazione d'uso, lucida od opaca, più o meno trasparente, bianca, colorata, può essere stampata con disegni e loghi pubblicitari.

Il rapporto tra il peso della carta e la sua superficie si chiama "grammatura"; quella che definisce la carta velina è compresa tra: $18 \div 50 \text{ g/m}^2$.

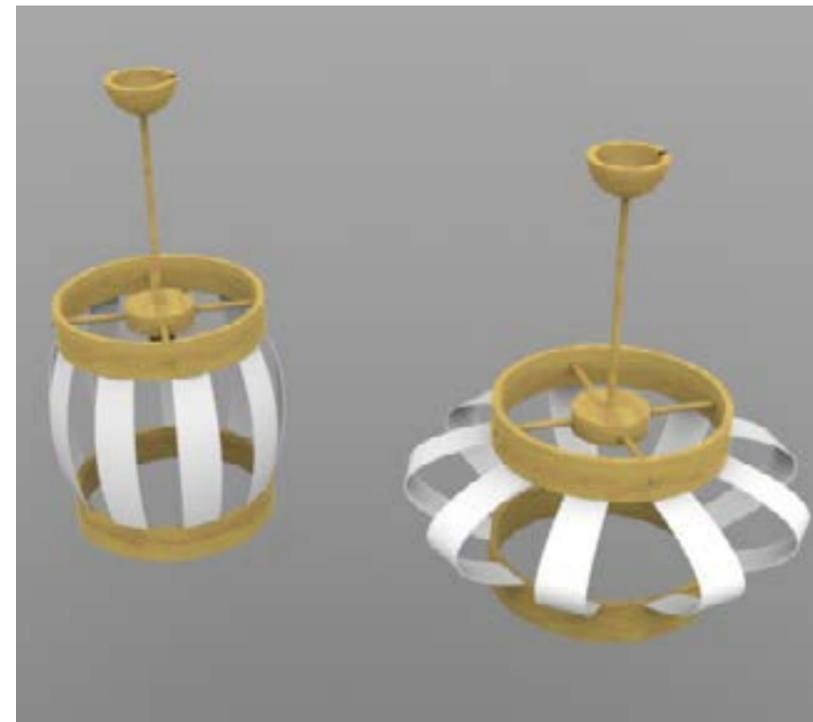
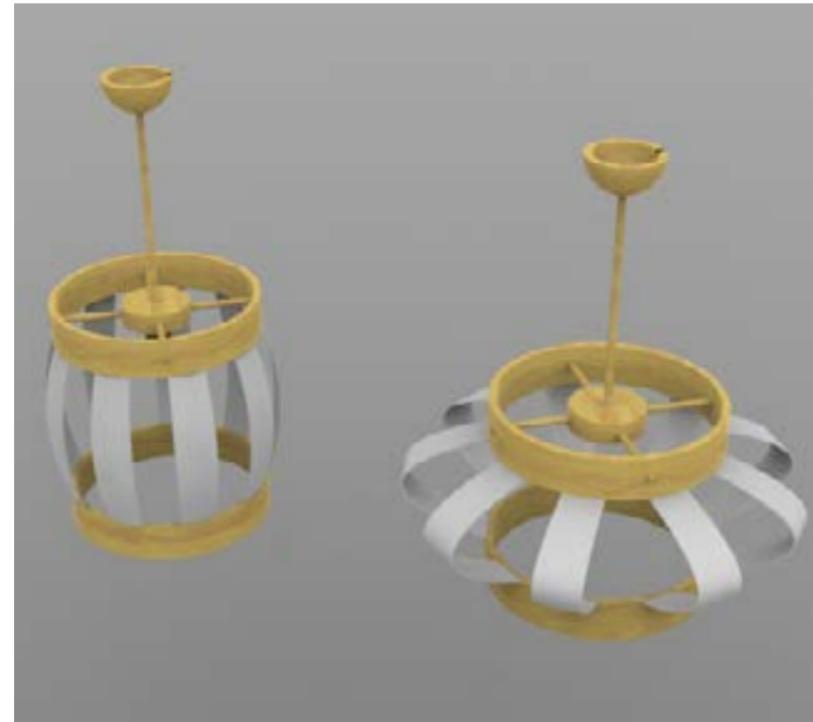
Il suo legno è il legno più leggero conosciuto al mondo (peso specifico $150\text{-}160 \text{ kg/m}^3$) ed è impiegato per la costruzione di aeromodelli. Nonostante il basso peso specifico, ha una resistenza alla compressione di oltre 100 kg/cm^2 ottenibile grazie alla struttura

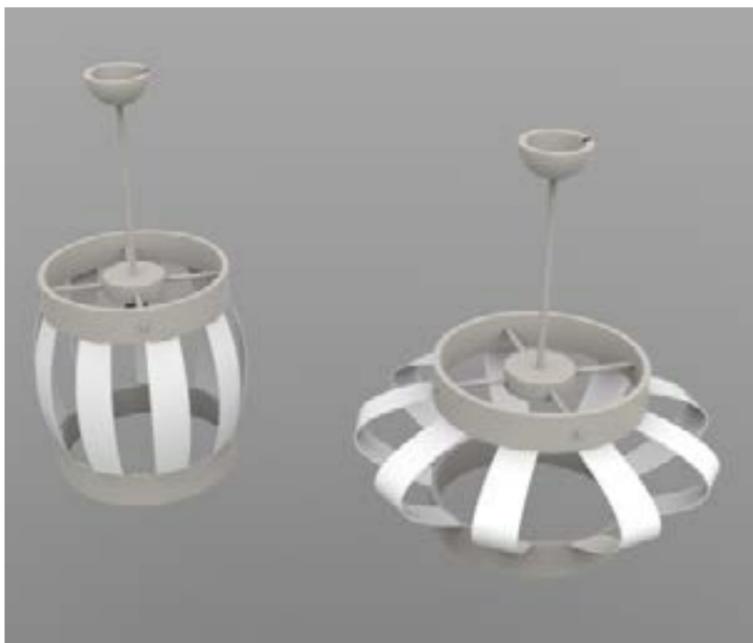
alveolare del legno stesso: ha dei canali linfatici molto grandi che permettono all'albero una velocissima crescita.

La scelta è ricaduta sulla balsa anche per questioni pratiche, in quanto serviva un materiale molto leggero, che potesse tenere la struttura solida.

I fili di Nithinol all'interno della carta velina, possono sostenere e tirare, fino a un peso di 2 kg.

Questa è una lampada ideata per creare atmosfera, in quanto i tagli della carta e la semitrasparenza di essa, proiettano giochi di luce nell'ambiente in cui è posta.





La seconda lampada da me realizzata è molto più complessa, non molto per quanto riguarda la forma, ma più per il tipo di struttura.

Questa lampada è composta principalmente da due parti, la prima parte è la base quadrata nella quale passano i fili elettrici e l'attacco della lampadina; la seconda parte, è invece quella più complessa, costituita da una mezza luna con al suo interno una struttura auxetica a papillon.

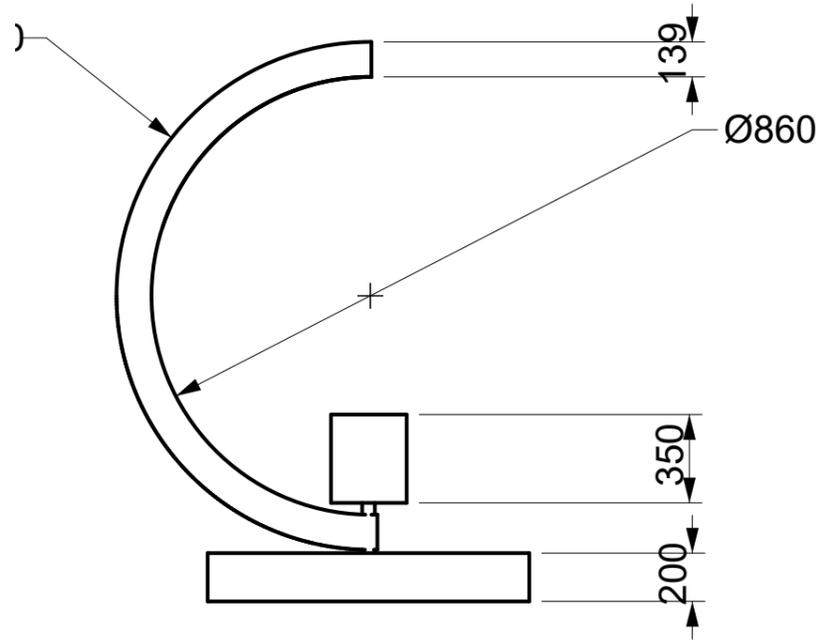
La struttura auxetica a papillon ha al suo interno i fili di Nithinol che essendo molto sottili, si nascondono perfettamente.

Una volta accesa la lampada, la mezzaluna con al suo interno la struttura auxetica, si aprirà creando una sfera.

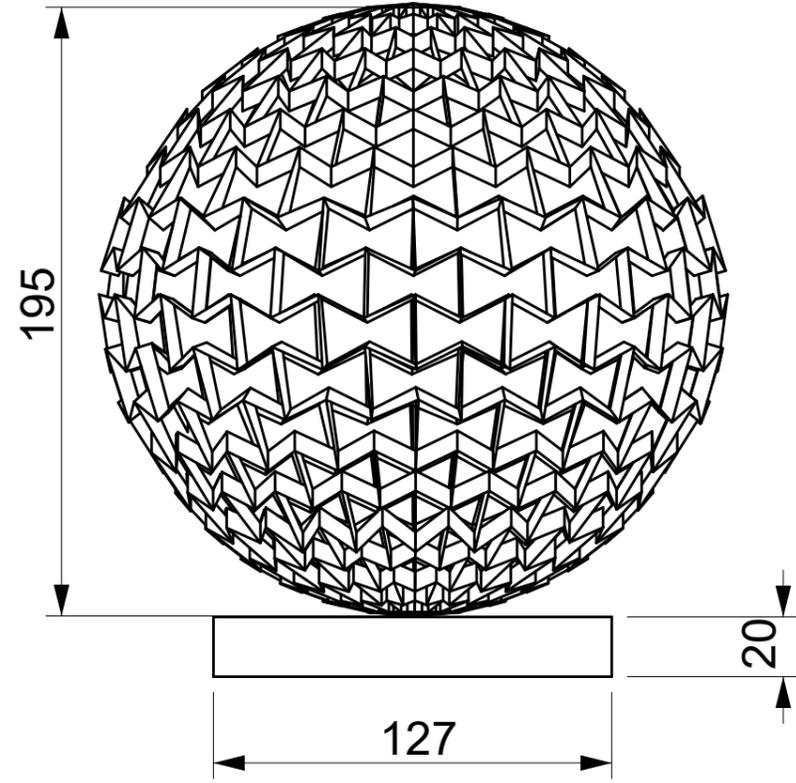
Il movimento è ovviamente permesso dai fili a memoria di forma, ma anche dalla struttura auxetica, in quanto una delle sue caratteristiche principali, è quella di sostenere la forma.

Anche in questo caso, il materiale principale è la carta velina, infatti essa riesce a contrarsi e aprirsi con molta facilità.

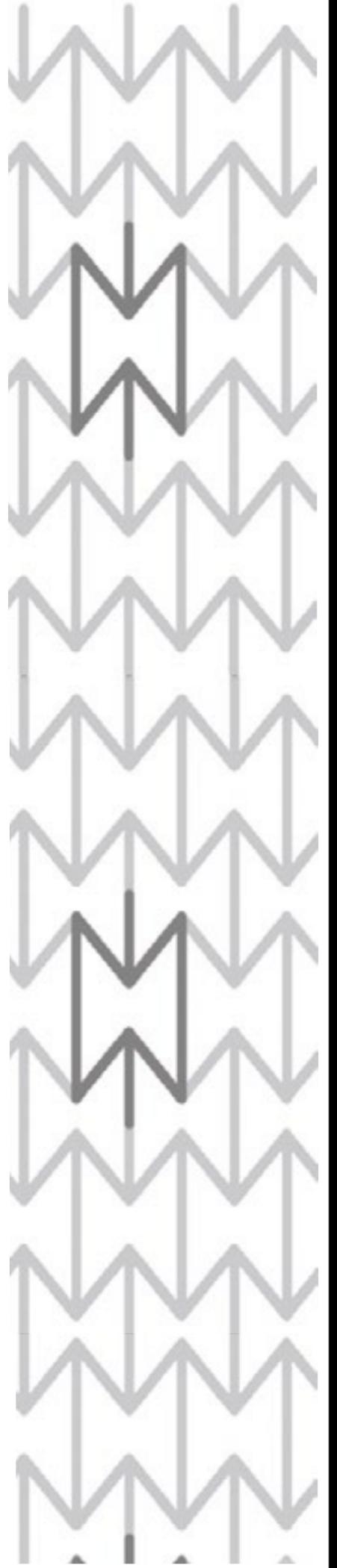
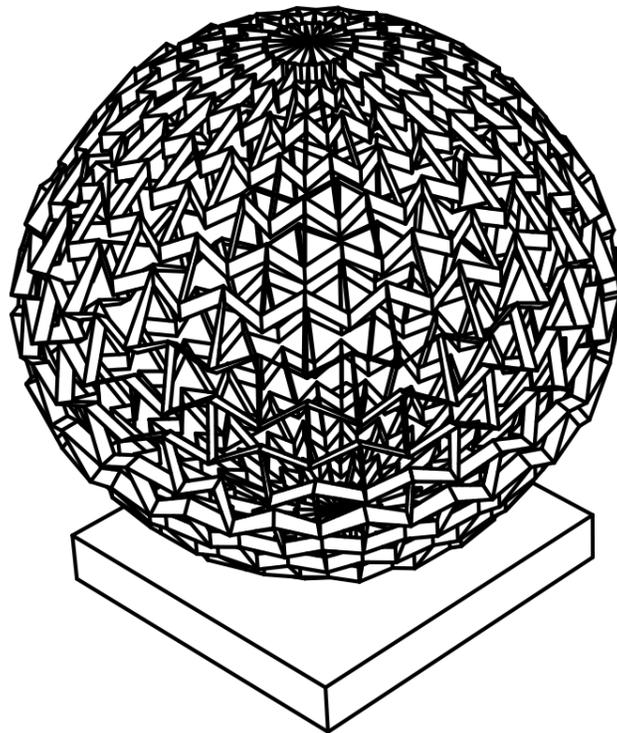
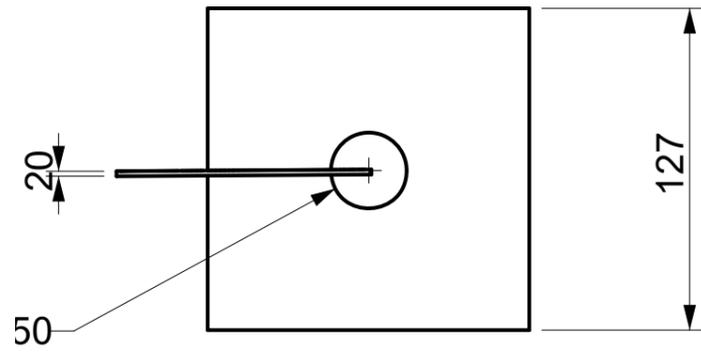
Prospetto frontale lampada chiusa

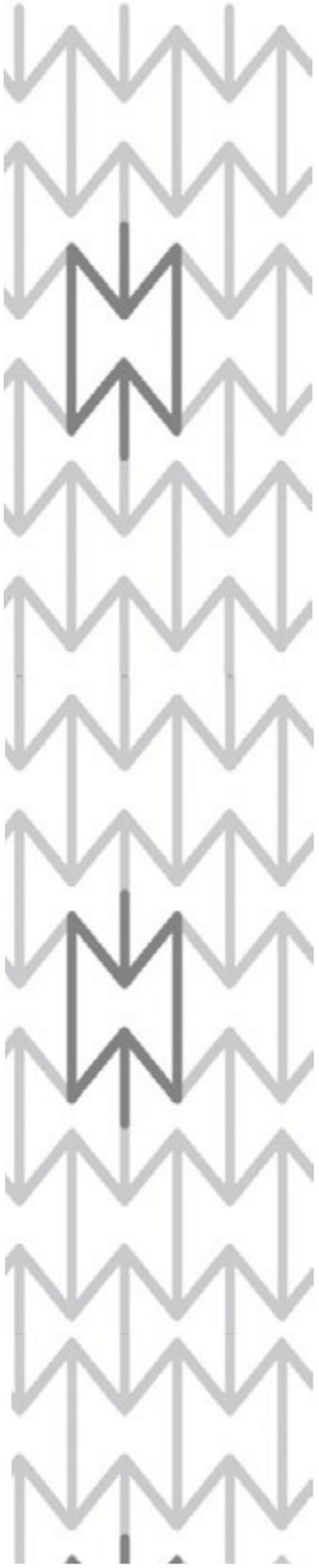
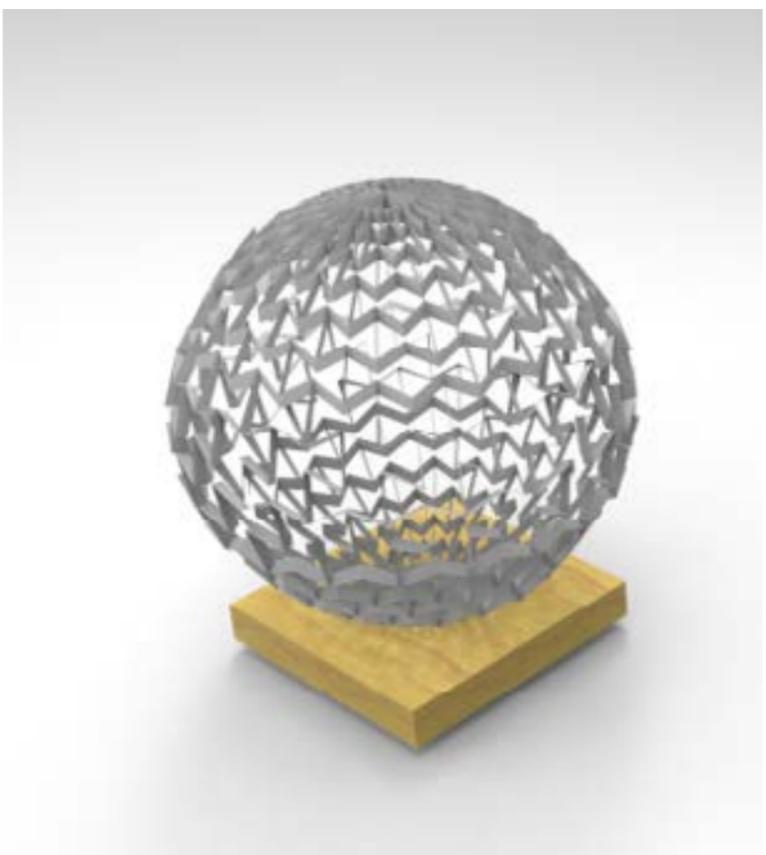
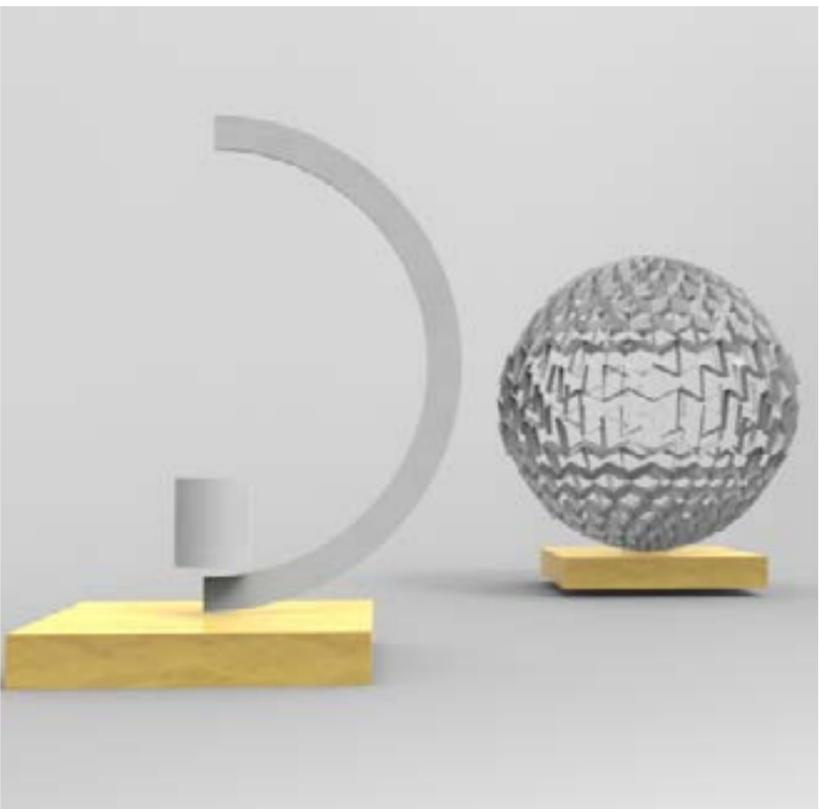


Prospetto frontale lampada aperta

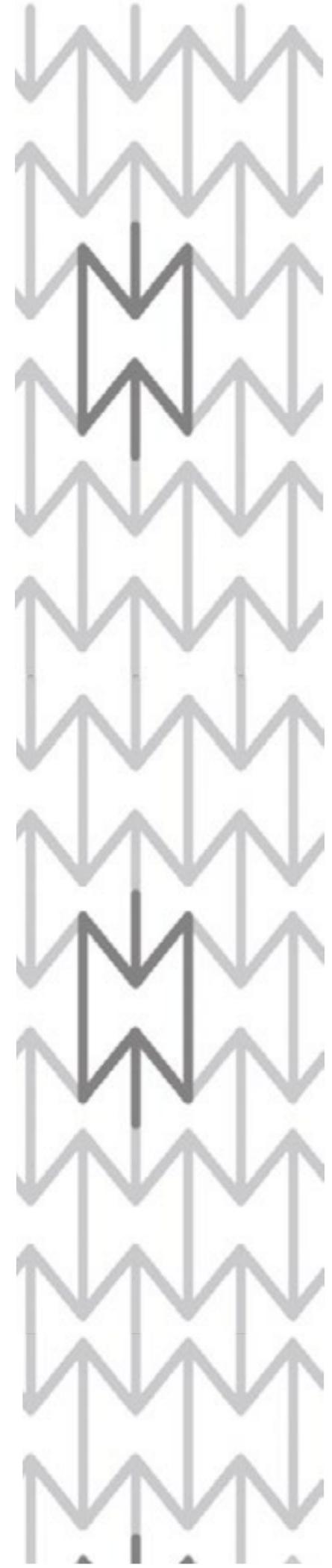


Prospetto superiore lampda chiusa





5. Materiali



Velina monolucida gr.20/22

La Velina è una carta bianca monolucida molto leggera sottile e in genere trasparente che viene usata per imballaggi e lavori artistici. Viene prodotta con cellulosa, con finiture differenti a seconda della destinazione d'uso, lucida od opaca, più o meno trasparente, bianca, colorata, può essere stampata con disegni e loghi pubblicitari.

Il rapporto tra il peso della carta e la sua superficie si chiama "grammatura"; quella che definisce la carta velina è compresa tra: 18÷50 g/m².

È una carta adatta ad essere stampata con fondi pieni e/o loghi di ogni genere.

È molto economica e la usano stampata con loghi molti grandi marchi della moda per la sua economicità e versatilità. Da questa carta si possono ottenere Fogli e/o Bobine.

Il Ph, quasi neutro (6,5-6,8), della Velina permette un ottimale conservazione dei materiali a contatto.

Balsa

La balsa (*Ochroma pyramidale*) è un albero della famiglia Bombacaceae, diffuso in America centro-meridionale. È l'unica specie del genere *Ochroma*.

Il suo legno è il legno più leggero conosciuto al mondo (peso specifico 150-160 kg/m³) ed è impiegato per la costruzione di aeromodelli. Nonostante il basso peso specifico, ha una resistenza alla compressione di oltre 100 kg/cm² ottenibile grazie alla struttura alveolare del legno stesso: ha dei canali linfatici molto grandi che permettono all'albero una velocissima crescita (in 5 anni una pianta è matura per l'abbattimento).

Il legno di balsa per modellismo si può reperire di tre tipologie: duro, medio e leggero. Quello duro (più scuro) si usa per realizzare elementi strutturali portanti (profili e longeroni), quello medio (rosato) per i rivestimenti, solitamente in tavolette o listelli sottili, mentre quello leggero (giallo/bianco) si usa per riempimenti, essendo il più leggero e friabile.

6. Bibliografia

Sitografia

<http://www.redspaper.com/prodotto/velina-stardust-gr-20/>

https://it.wikipedia.org/wiki/Carta_velina#cite_note-dmc-1

https://it.wikipedia.org/wiki/Ochroma_pyramidale

http://www.academia.edu/9594817/Meta-materiali_cartacei_a_nido_dape_e_auxetici_-_HONEYCOMB_AND_AUXETIC_PAPER-BASED_METAMATERIALS

<http://www.portalecompositi.it/Articoli/Polimeri-a-comportamento-Auxetico-un-innovazione-o-un-evoluzione-naturale/4-7-1.html>

www.polimerica.it/articolo.asp?id=5409

<http://www.architettura.unina2.it/docenti/areaprivata/290/documenti/siracusa100210.pdf>

<http://biomimit.blogspot.it/2008/10/materiali-auxetici.html>

<http://www.technosprings.com/ita/materials.html>

<http://www.ing.unitn.it/~colombo/NITI/sma.html>

http://www.ing.unitn.it/~colombo/LEGHE_A_MEMORIA_DI_FORMA/SMA.s.pdf

<https://www.futurashop.it/nuove-tecnologie/leghe-a-memoria-di-forma/nitinol>

<https://www.saesgetters.com/sites/default/files/Presentation%20by%20%20F.%20Auricchio%20University%20of%20Pavia.pdf>

http://www.uniroma2.it/didattica/tbs_1_2/deposito/leghe_a_memoria_di_forma.pdf

<http://www.nanolab.unimore.it/it/wp-content/uploads/2011/12/niti-background-reading.pdf>

<http://www.nanolab.unimore.it/it/wp-content/uploads/2012/06/niti-background-reading.pdf>

<http://www.tempe.mi.cnr.it/tempelc/sma.htm>

<http://www.ilsole24ore.com/art/tecnologie/2012-04-01/centomila-leghe-memoria-forma-082032.shtml?uuid=AbSCLLHF>

<http://www.sakurasanshoponline.com/#!lampade/zoom/c1dmp/cys5>

<http://tanabata.it/lampade-giapponesi>

https://it.wikipedia.org/wiki/Lanterna_di_carta

<https://it.wikipedia.org/wiki/Aoandon>

https://it.wikipedia.org/wiki/Lanterna_volante

https://it.wikipedia.org/wiki/Lanterna_volante

<https://it.wikipedia.org/wiki/Lampada>

[https://it.wikipedia.org/wiki/Candela_\(illuminazione\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Candela_(illuminazione))

<https://it.wikipedia.org/wiki/Lampadina>

<https://it.wikipedia.org/wiki/Portalampada>

<https://it.wikipedia.org/wiki/Kirigami>

<http://www.origami-instructions.com/kirigami.html>

